DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Fünfter Jahrgang. **26. Januar 1917.** **Heft 4.**

Zur Leptonenkunde als Feinbaulehre der Stoffe.

Von Geheimrat Prof. Dr. F. Rinne, Leipzig.

In einer „Zur ältesten und zur neuesten Kristallographie" überschriebenen Veröffentlichung in dieser Wochenschrift[1]) habe ich versucht, den außerordentlichen Fortschritt zu kennzeichnen, den die Kristallographie erfahren hat in Verfolg der großen Entdeckung, daß Röntgenstrahlen beim Eintritt in Kristalle gebeugt werden. Es wirken letztere ganz im Sinne der regelmäßig dreidimensional periodisch angeordneten Gitter, wie sie die Theorie der Kristallstruktur seit *Bravais* vorausgesetzt hat. So waren in Verfolg der *Laueschen* Ideen mit einem Schlage drei große wissenschaftliche Werte gewonnen: die Natur der Röntgenstrahlen als außerordentlich kleinwellige Lichtbewegung sichergestellt, die Kristalle als Raumgitter bestätigt und die mehr als zweitausendjährige Frage nach der Existenz der „Atome" in bejahendem Sinne experimentell beantwortet.

1.

Sei es gestattet, im folgenden die einschlägigen Verhältnisse in einem über den Rahmen der Kristallographie hinausgehenden, also allgemeineren Sinne zu würdigen. Sind doch Chemie, Physik, Kristallographie und Naturphilosophie am Thema gleichmäßig interessiert; wenn man auch die räumliche Anordnung der Atome eines Stoffes geradezu als Stereochemie bezeichnet hat, so ist nicht zu verkennen, daß sich eine Stereophysik daneben entwickelte. Sie nimmt insbesondere Bedacht auf die Bewegungserscheinungen im Aggregat der Molekeln und in diesen selber, um solche kinetischen Verhältnisse in Beziehung zu anderen physikalischen Umständen, insbesondere zur Optik, zu setzen. So sind also aus dem alten Leukipp-Demokrit-Epikurischen Stamme der Atomlehre drei Zweige der Wissenschaft erwachsen: Stereochemie, Stereophysik und Kristallstrukturlehre, deren natürliche Zusammengehörigkeit zu einer Wissenschaft mehr und mehr heraustritt. Ich habe vorgeschlagen, sie *Leptonologie* (Leptonenkunde, Leptonistik) zu nennen (von λεπτός zart, fein) in Ansehung des Umstandes, daß es sich um die Lehre von den Eigenschaften und der Aggregation der Feinbauelemente der Materie, den Molekeln, Atomen und Elektronen handelt.

Ein großer Fortschritt der Feinbaulehre ist es, daß Maßzahlen mehr und mehr in ihr eine Rolle spielen, während früher lediglich die Anzahl der Atome in der Molekel und hinsichtlich der Atomlagerung nur Schätzungen des Abstandes und der Tensorrichtung in Betracht kamen. Die röntgenogrammetrischen Untersuchungen an Kristallen bergen das glückliche Moment, den absoluten Abstand der Atomschwerpunkte in genau bekannten Richtungen ausfindig machen zu können, ein Umstand, der darin begründet ist, daß die Röntgenwellenlängen und die Strukturebenenabstände des kristallinen Gefüges in einer einfachen Beziehung stehen, die sich zufolge der harmonierenden Größenordnung dieser Maße experimentell erkunden läßt. Auch bei Flüssigkeiten gestatten die Maße der Aggregation die Anwendung der Röntgenlichtwellen zur quantitativen Erforschung der Baulängen, wie ausgezeichnete Untersuchungen von *Debye* und *Scherrer* am Benzol gezeigt haben: seine Strukturmaße fallen in die Größenordnung der X-Strahlen und sind zufolge der verhältnismäßig dichten Molekelpackung experimentell zu fassen. Bei der Erkundung von Gasen steht die dünngesäte Versammlung der Molekeln dem Experiment entgegen. Da sind es dann weit- und tiefgreifende mathematische Überlegungen, die an das Ziel, zur quantitativen stereochemischen Formel, geführt haben.

Die Versuchsmethoden, welche solch große Ergebnisse erreichen ließen, gehen zurück auf den Vorschlag *M. v. Laues*, zur Beugung der Röntgenstrahlen die der Feinheit letzterer angepaßten Raumgitter der Kristalle zu benutzen. Die Ausführung dieses Vorschlages durch *Friedrich* und *Knipping* erfüllte *Laues* Erwartung in glänzendster Weise. Man erhielt auf photographischen Platten Sinnbilder des Feinbaues der kristallinen Materie von der allgemeinen Art, wie es das Schema Fig. 1 vorstellt[1]).

Ein äußerst nützliches Moment wurde in der Deutung und Nutzbarmachung des Röntgeneffektes an Kristallen durch die Überlegungen von *W. H.* und *W. L. Bragg* hineingetragen: alle die Sekundärstrahlen, die mit dem Primärstrahl das Muster eines Lauediagramms geben, lassen sich als Reflexionen an inneren Strukturebenen des Kristalls auffassen, wobei die einfache Beziehung $n\lambda = 2\,d \sin . \alpha$ ausschlaggebend ist[2]). Durch Erforschung der Größe d nach verschiedenen Richtungen im Kristall und einschlägige Überlegungen über die Beeinflussung der Re-

[1]) 1916, Heft 17 und 18.

[1]) Hinsichtlich der näheren Deutung der Erscheinung vergleiche die Veröffentlichungen von *Sommerfeld* und dem Verfasser in dieser Wochenschrift 1916, Heft 1 und 2 bzw. Heft 17 und 18.

[2]) Mit $n = 1, 2, 3, \ldots$, λ = Wellenlänge des angewendeten Röntgenlichtes; d = Abstand der reflektierenden Strukturebenen und α = Spiegelungswinkel.

flexionen monochromatischen Röntgenlichtes kann man ein Bild vom Aufbau der betreffenden kristallinen Materie gewinnen. Schließlich ist von besonderem methodischen Interesse ein höchst eleganter Ausbau der röntgenogrammetrischen Untersuchung durch *P. Debye* und *P. Scherrer*. Sie benutzen nicht wie *M. v. Laue* und die *Braggs* orientierte Kristallplatten, sondern feinstes kristallines Pulver. In ihm liegen die Teilchen wirr. Von Strukturebenen reflektieren das primäre

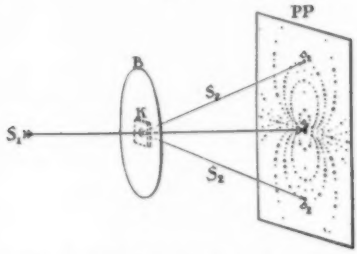

Fig. 1. Schema der Entstehung eines Lauediagramms. S_1 Primärstrahl, *B* Blende, *K* Kristall, S_2 Sekundärstrahlen (Beugungsstrahlen), *PP* photographische Platte mit den Durchstichen von S_1 in s_1 und S_2 in s_2.

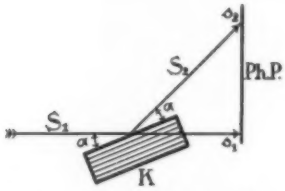

Fig. 2. Reflexion der Röntgenstrahlen an einem Kristall.

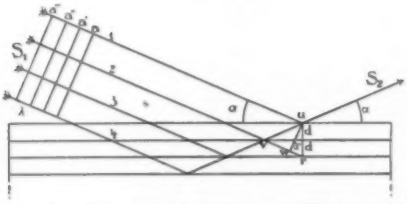

Fig. 3. Deutung der Reflexion von Röntgenstrahlen an Kristallen als Beugung.

monochromatische Röntgenlicht, das durch die Pulvermasse dringt, jeweils natürlich nur die mit schicklicher α-Lage; solche finden sich bei der gleichmäßig wirren Lagerung der pulverigen Kristallteile jeweils rundum, so daß also ein Reflexionskegel mit der Öffnung 2 α und mit seiner Achse in Richtung des Primärstrahles die Folge ist. Entsprechend entstehen damit konaxiale Kegel für andere Winkel α. Eine senkrecht zum Primärstrahl gestellte photographische Platte würde das sekundäre Röntgenlicht also in konzentrischen Kreisen durchschneiden. Bei Anwendung eines zylindrischen Films, in dessen Längsachse das Kristallpulver in Stäbchenform aufgestellt und quer dazu durchleuchtet wird, kommt es zu verwickelteren Schnitten. Fig. 5 führt das (auch an einem aufgerollten Film) vor.

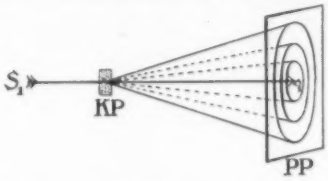

Fig. 4. Schema der Entstehung eines *Debye-Scherrer*-Diagramms.

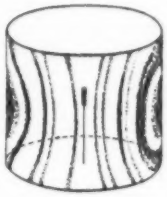

Fig. 5a. Aufnahme eines *Debye-Scherrer*-Diagramms.

Fig. 5b. Aufgerollter Film mit *Debye-Scherrer*-Aufnahme.

2.

Von den großen stereochemischen Erfolgen, die insbesondere durch die Verfahren nach den *Braggs* erzielt wurden, sind in dieser Wochenschrift bereits einige Beispiele bekanntgegeben.

Nach den neueren Untersuchungen können nun aber Glieder einer vollständigen Reihe der Zustände aufgestellt werden, in der sich die Stoffe befinden, sei es als Gas, Flüssigkeit oder als Kristall.

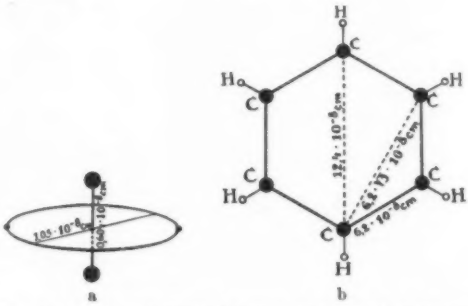

Fig. 6a. Wasserstoffmolekel nach *Debye* und *Scherrer*.
Fig. 6b. Benzolmolekel nach *Debye* und *Scherrer*.

Die mathematischen Erörterungen von *Debye* und *Scherrer* ließen auf ein Sinnbild der Wasserstoffgasmolekel entsprechend Fig. 6a schließen: Zwei Atomkerne sind $0{,}6 \cdot 10^{-8}$ cm voneinander entfernt; um ihre Achse bewegen sich in äquatorialem Kreise diametral zwei Elektronen im Ab-

stande 1,05 . 10^{-8} cm mit einer linearen Geschwindigkeit von 2300 km/sec.

Für den Typus des flüssigen Zustandes liegt nach den Untersuchungen *Debyes* und *Scherrers* als auch zahlengemäß ergründetes Beispiel das Benzol vor. Sein Molekül ist in Fig. 6b dargestellt, aus der Anzahl, Abstände, Lagerung der Kohlenstoffatome (die Wasserstoffatome sind willkürlich eingefügt) zu ersehen sind. Alles zusammen erstaunliche Erfolge der neueren Röntgenogrammetrie.

Hinsichtlich der Kristalle seien hier einige Formelschemata wiederholt, die dem Leser dieser Wochenschrift bereits vorlagen, hier aber weiter verwertet werden sollen.

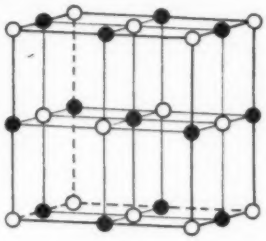

Fig. 7 a.

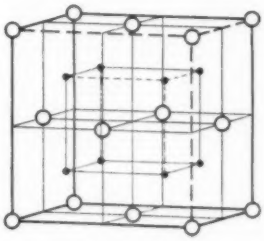

Fig. 7 b.

Fig. 7a und 7b. Kristallstruktur von Steinsalz (NaCl) und Flußspat (CaF_2) nach *W. H. Bragg* und *W. L. Bragg*.

In dieser Hinsicht erscheint es besonders wesentlich, die grundlegende Frage nach der *Raumeinheit der Stoffe* zu beantworten. Als solche ist bei den Gasen zweifelsfrei die Molekel gegeben. Sie tritt bei ihnen in großer Zahl, in gleicher Bauart sich chaotisch wiederholend, nebeneinander, also abzählbar auf. In weiten Abständen voneinander, bei ihrer Kleinheit aber doch in riesiger Zahl im cbcm vorhanden, verfolgen z. B. die H_2-Molekel „nomadisierend" geradlinige Bahnen, die zufolge des Abpralls der elastischen Teilchen voneinander und von der Gefäßwand in wirrer Zickzackform, mit gleichbleibender mittlerer Geschwindigkeit, durchlaufen werden. Als Ganzem kommt dem Gase Isotropie durch Mittelwerte zu. Verknüpfende Kräfte äußern sich nur innermolekular. Das Wasserstoffgas ist also zufolge seines Bestrebens nach unendlich großer Dispersität seiner Molekeln ein für sich gestaltloses, einen jeden Raum erfüllendes Durcheinander sehr regelmäßiger Gebilde. Die Fortsetzung der geometrischen Periode seiner Partikel würde die chemische Natur des Stoffes ändern.

Diese Eigenschaften des Wasserstoffgases kommen — mutatis mutandis, also in ihrer allgemeinen Form —, wie bekannt, jedem Gase zu, und die Gleichmäßigkeit der Eigenschaften, wenigstens im normalen Zustande der Stoffe, ist es, die sich in für Gase durchweg gültigen Gesetzen (in der gleichmäßigen Volumbeeinflussung bei Temperaturwechsel und in der gleichen Anzahl von Molekeln in gleichen Räumen) äußert.

Auch bei *Flüssigkeiten* wird man sich die Molekeln abzählbar und in chaotischem Zusammensein nebeneinander für sich beweglich vorzustellen haben, wenn auch schon Kraftlinien sich von einer zur anderen Molekel schlingen und allerlei Nüancierungen in der Hinsicht vorkommen. Die größere Nähe der Teilchen bringt das schon mit sich[1]). Beträgt doch der Raum zwischen den einzelnen Benzolringen nach *Debye* und *Scherrer* nur etwa 1,19 . 10^{-8} cm. Je nach der Natur des Stoffes verschieden werden sich zwischen den nahe bei einander liegenden Molekeln wechselseitig bindende Kraftlinien schlingen, den Zustand der Dinge je nach der Art des Falles verschieden beeinflussend, so daß die allgemeinen Gesetze, wie sie bei Gasen gelten, nicht mehr herrschen, es sei denn, daß große Verdünnung besteht. Die zwischenmolekularen Kräfte sind nicht stark genug, eine ständige volle Gleichrichtung der Molekel zuwege zu bringen; eine Fortführung des Baus der Molekel als Raumeinheit durch Wachstum findet nur in dem Sinne statt, daß die lockere Verschlingung der Molekeln von einer zur anderen räumlich beliebig weit ausgedehnt werden kann. Durch Mittelwerte ist das Ganze isotrop. Als ideale Raumbegrenzung kommt ihm Kugelform zu.

Die *kristalline Materie* wird durch Sinnbilder, wie sie in den Fig. 7a und b dargeboten sind, gekennzeichnet. Alle solche Schemata sind natürlich in der gleichen Periodizität der Atomanordnung unendlich oft zum sichtbaren Kristall fortgesetzt zu denken: in einem würfeligen Steinsalzkriställchen von 1 mm Dicke hat sich die in Fig. 7a gezeichnete räumliche Periode bereits 1,8-millionenmal in jeder Würfelkantenrichtung wiederholt. Die Frage nach der Molekel als individueller Einheit dahin zu beantworten, daß sie in diesen fundamentalen Raumteilen der beispielsweise gezeichneten Figuren vorlägen, würde verfehlt sein. Die Ausschnitte der Fig. 7a und b aus der Kristallmasse sind in der Molekel-

[1]) Ein ccm Luft enthält etwa 2,6 . 10^{19} Molekel mit Abständen etwa 35-mal größer als ihr Durchmesser, ein ccm flüssiger Luft indes tausendmal mehr und dementsprechend mit Abständen von etwa dem dreifachen Molekeldurchmesser.

frage ganz belanglos; sie stellen keineswegs solche physikalisch-chemische Individuen dar, wie schon daraus ersichtlich ist, daß man z. B. beim Stoff der Fig. 8 ebensogut den Ausschnitt Fig. 8a, b oder andere mehr machen könnte, was dann Molekel ganz verschiedener Form im selben Stoff geben würde.

Damit soll indes nicht gesagt sein, daß der chemische Zusammenhang im kristallinen Zustande kennzeichnenderweise rein atomistisch sei. Wie schon *W. H.* und *W. L. Bragg* erkannten und besonders *P. Niggli*[1]) ausführlich erörterte,

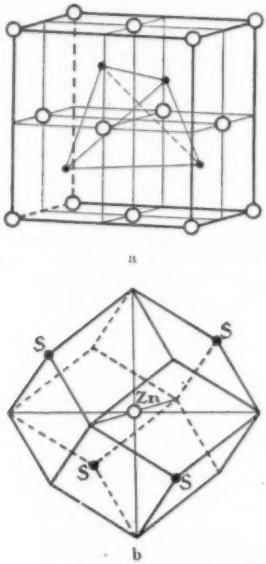

Fig. 8a und 8b. Kristallstrukturausschnitte von Zinkblende (ZnS).

heben sich geometrisch nicht selten „elementare Baugruppen" *(Niggli)* heraus (Fig. 9), so Doppelatome S_2 beim Eisenkies, Tripelatome O_3 bei Kalkspat und Korund, eine Ionengruppe CO_3 beim Kalkspat (*Johnsen*); beim Korund kann man sogar molekelartige Atomkomplexe Al_2O_3 im Kristallbau geometrisch erkennen. In anderen Fällen tritt ein solcher Verband atomgeometrisch nicht heraus, so beim Steinsalz (Fig. 7a).

Diese Gliederung des Kristallgebäudes in Baugruppen muß sich natürlich auch physikalisch geltend machen. Gerade in der Hinsicht ist eine Äußerung von *W. Nernst*[2]) bedeutsam. Er vertrat schon 1911 in Ansehung von Untersuchungen *Rubens'* über Reststrahlen auf Grund theoretischer Erwägungen die Meinung, es seien im festen Chlornatrium Na- und Cl-Ionen vorhanden und entsprechendes in ähnlichen Verbindungen. Auch die Untersuchungen von *A. Johnsen*[1]) über die Zwillingsgleitung des Kalkspats sind hier von großem Interesse. Es wurde von ihm erwiesen, daß sich bei dieser Operation die gegenseitige Lage der Atome des Radikals CO_3 nicht zu ändern braucht, hingegen eine teilweise, vorübergehende Änderung sich vollziehen muß hinsichtlich der Lagerung von CO_3 zu Ca. Diese mechanische Sonderung der Kalkspatsubstanz $CaCO_3$ gerade in die Gruppen Ca und CO_3 veranlaßte *Johnsen*, sie als Ionengliederung zu bezeichnen.

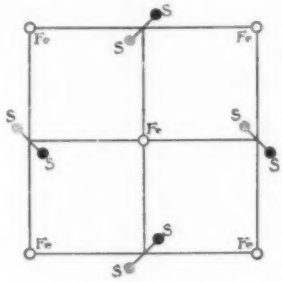

Fig. 9 a.

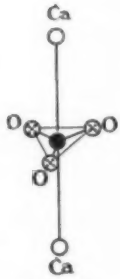

Fig. 9 b.

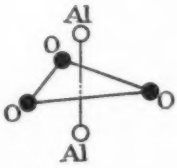

Fig. 9 c.

Fig. 9. Elementare Baugruppen von S_2 bei Eisenkies (FeS_2), CO_3 bei Kalkspat ($CaCO_3$), Al_2O_3 bei Korund (Al_2O_3).

Von hohem Werte in der Frage der Baugruppen-Aufteilung der Kristalle sind ferner die Untersuchungen von *Cl. Schaefer* und *M. Schubert* über die kurzwelligeren ultraroten Eigenfrequenzen der Sulfate und Karbonate, sowie über das entsprechende optische Verhalten des Kristallwassers[2]). Es wurde durch *Cl. Schaefer* und *M. Schubert* an 34 Sulfaten erwiesen, daß sich in diesen Salzen SO_4 als Ion erweist, denn in allen wurden gleichmäßig bei 9 μ und bei etwa 16 μ Stellen ausgeprägter selektiver Reflexion gefunden und Gleichartiges bei 15 Karbonaten an den Stellen 6,5 μ, 11,5 μ und 14,5 μ als Kennzeichen für die Baugruppe CO_3. Entsprechendes gilt für

[1]) *P. Niggli*, Die Struktur der Kristalle. Zeitschr. f. anorg. Chemie 1916, *94*, 207.
[2]) Diskussion. Zeitschr. f. Elektrochem. *17*, 1911, 608.

[1]) *A. Johnsen*, Die Massengitter des Kalkspates. Phys. Zeitschr. 1914, *15*, 712.
[2]) Annalen d. Phys. IV, *50*, 283 und 339, 1916.

das Kristallwasser, das sicherlich regelrecht in das Punktsystem eingeordnet ist.

Im Hinblick auf all diese Erfahrungen ergibt sich (unter vorläufigem Verzicht auf die Würdigung der Elektronen als Teilen des Baus) folgendes geometrische Bild:

Ein Kristall kann aus gleichförmig periodisch geordneten Atomen bestehen; in anderen Fällen heben sich aus ihnen periodisch Knäuel heraus; schließlich kann es zu einer Aufteilung der ganzen Kristallmasse in solche chemisch molekelartige kristallographische Atomkomplexe kommen.

Die Lagerung der Atome im Kristall nach Abstand, Raumkoordinaten und Symmetrie zeigt, daß er in *mathematischer* Vorstellung aus Atomraumgittern aufgebaut gedacht werden kann. Es läßt sich aber schon nach obigem nicht verkennen, daß auch engere Zusammenhänge zwischen den mathematisch selbständigen Partikeln bestehen können. Die Auffassung von *P. v. Groth*, der den chemischen Molekelbegriff bei kristallinen

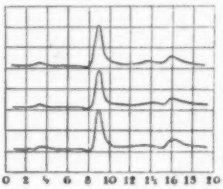

Fig. 10. Übereinstimmende Reflexmaxima bei den wasserhaltigen Sulfaten von Magnesium-Kalium, Kobalt-Kalium, Zink-Kalium nach *Cl. Schaefer* und *M. Schubert*. Die Zahlen geben Wellenlängen in μ an.

Stoffen durchaus verwirft und die Kristalle rein atomistisch gliedert, sowie die gegensätzliche Bravaissche Meinung, nach welcher jeder Kristall aus Molekeln aufgebaut ist, sind also zwei Gegensätze, die durch unsere Ansicht von der mehr oder minder entwickelten geometrischen Komplexaufteilung des Kristalls verbunden werden.

Noch mehr verwischt sich aber dieser Gegensatz, wenn man, über die immerhin noch grobe obige Schilderung der allgemeinen Kristallstruktur hinausgehend, die zweifellos bedeutsame Rolle der Elektronen im Kristallbau in Rechnung zieht. Erst dann können sich die feineren Züge der Organisation zeigen. Vorderhand mangelt es in der Hinsicht noch an der sicheren experimentellen Unterlage. Bedeutsame theoretische Hinweise liegen aber bereits vor, so außer den Darlegungen von *J. Stark* und *Crehore* in einer Übersicht durch *W. Kossel* (Über Molekülbildung als Frage des Atombaus. Ann. d. Phys. *49*, 1916, 229), aus denen anschaulich die Bedeutung der Elektronenringe als Moment für das Zusammenhalten der Atome zu Ionen oder zu Molekeln erhellt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß bei der Anwendung der Elektronentheorie auf die Kristalle die Selbständigkeit der Atome als Bauelemente noch öfter, als durch die Baugruppenbetrachtung bereits geschehen ist, eingeschränkt wird, insofern auch hier Elektronenringe Ionen oder Molekel gruppieren.

Der gesetzmäßige Wechsel von Eigenschaften der Kristalle mit der Richtung, also ihre Anisotropie (im allgemeinen Sinne) ist durch den Raumgitterbau bereits begründet.

Wie bei den Gasen und Flüssigkeiten gehört zur vollständigen allgemeinen Kennzeichnung des kristallinen Zustandes nun noch die Erörterung zweier Umstände: die *Bewegungsfreiheiten* im Kristall und das *physiologische Moment des Wachstums*. Die bei den Gasen so eminente molekular-individuelle fortschreitende Bewegung gleichwie die innermolekulare Rotations- und Schwingungsfreiheit, von denen besonders erstere bei den Flüssigkeiten starke Reduktionen erfährt, sind bei den kristallinen Körpern noch weiter verringert, und zwar die fortschreitende Bewegung im allgemeinen auf Null. Dann fällt, ganz im Sinne *Starks*, der Begriff des physikalischen Moleküls als eines Massenteilchens mit solcher Freiheit fort. Wie nun aber die Diffusion bei Flüssigkeiten bekundet, daß bei ihnen, wenn auch gegenüber den Gasen stark vermindert, noch fortschreitende Bewegung besteht, so erweist das gelegentlich bei Kristallen experimentell deutlich festzustellende Diffusionsvermögen, daß die Möglichkeit einer solchen Bewegung im kristallinen Zustande nicht völlig erloschen ist. Bekannt sind in der Hinsicht die ausgleichenden Wanderungen von Gold- und Silberteilchen in zonar ungleich zusammengesetzten isomorphen Mischkristallen dieser Stoffe. Sehr beachtenswerte Bewegungen auf makroskopische Entfernungen stellen auch die Entmischungen im festen Zustande etwa von Martensit in Zementit und Ferrit des technischen Eisens, von Kalinatronfeldspat in fast reine Komponenten, die Bildung zahlreicher fester Kriställchen eines Sulfats im festen Syngenit beim Erwärmen u. a. dar, und nicht zum wenigsten von Interesse sind hinsichtlich der Beweglichkeit der Partikel im kristallinen Zustande der Materie Erscheinungen der Sammelkristallisation, etwa bei Metallen und selbst bei Kalkspat[1]). Ein starkes Erhitzen von Eisen z. B. macht es durch Parallelstellung der Partikel in wenigen Minuten höchst grobkörnig, und in derselben geringen Zeit kann man den ungemein dichten Solenhofener Kalkstein im mikroskopischen Sinne marmorisieren, ein Vorgang, der sich entsprechend in besonderer Schönheit und Grobkörnigkeit ja bei der natürlichen Kontaktmetamorphose vollzogen hat.

Ein Wachstumsvorgang im Sinne beliebiger Fortsetzung der etwaigen Periode der Atomanordnung im Molekül ohne Änderung der chemischen Natur des Stoffes ist stets aus-

[1]) *F. Rinne* und *H. E. Boeke*, Über Thermometamorphose und Sammelkristallisation. Tscherm. Min. und petr. Mitt. *27*, 393, 1908.

geschlossen. Gasmoleküle sind ganz selbständig. Bei Flüssigkeiten sind die Molekel durch lose Verknüpfungen ohne Parallelismus zu erreichen miteinander in losem Zusammenhange, der sich bei Substanzzufuhr beliebig weit fortsetzen kann. Bei Kristallen besteht der Wachstumsvorgang in der beliebig weiten, regelmäßig allseitigen Fortführung der Periodizität, zu welcher die geometrischen Baugruppen, seien es im chemischen Sinne Atome, Ionen oder molekelartige Knäuel, vereinigt sind. So ergibt sich also als *Charakterzug der kristallinen Materie die dreidimensional periodische und damit geradlinige Anordnung gleicher Partikel, verbunden mit der Fähigkeit beliebig ausgedehnter Weiterführung des Baus in der nämlichen geometrischen Periodizität durch den Wachstumsvorgang ohne Änderung der chemischen Natur des Stoffes.*

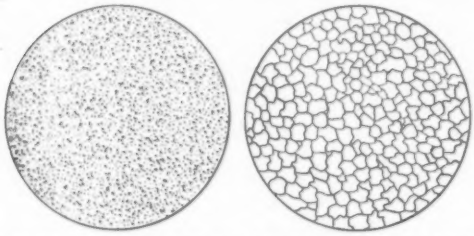

Fig. 11. Künstliche Marmorisierung von Solenhofener Kalkstein durch Sammelkristallisation beim Erhitzen.

3.

Es liegt nahe, als ausschlaggebender Faktor für die Aggregierung der Teilchen zum Kristallgebäude folgenden Umstand anzunehmen: Die fortschreitende expansive Molekelbewegung wird beim Kristallisieren auf ein geringes Maß herabgedrückt, weil zufolge der Annäherung der Molekel auf Abstände, die in ihrer Größenordnung den Atomdistanzen entsprechen, bislang innere Molekelkräfte gegenseitig die individuellen Einheiten festhalten. Die früher nomadisierenden oder die doch noch nicht voll heimatberechtigten Molekel gasiger oder flüssiger Stoffe (auch flüssiger Kristalle) werden sich unter mehr oder minder starker innermolekularer Änderung und Stabilisierung gruppieren, so daß die Atome in einer dreidimensional und damit geradlinigen Periodizität lokalisiert werden, die beliebig weit ohne Änderung der chemischen Natur des Stoffes fortgesetzt werden kann. (Bei Kristallen, die sich unter Ausdehnung bilden, dürften besondere Umstände, etwa eine Wiederaufspaltung der polymerisierten Molekel statthaben.) Die Atomgruppierungen der früher abzählbar getrennten Raumeinheiten verschränken sich miteinander. In formell mathematischem Sinne geschieht die Neuordnung nach Atomraumgittern; es handelt sich bei diesen dreidimensional periodischen Reihungen aber um Bauten, bei denen schon geometrisch die Verknüpfung zu höheren Einheiten vorkommt. Als solche heben sich, in verhältnismäßig noch grobem Sinne, komplexe Baugruppen heraus; sie dürften auch unter den strukturell selbständig erscheinenden Atomen als durch Elektronenringe bewirkte Verbände vorhanden sein.

Für die von *P. v. Groth* (trotz seiner Auffassung atomistischer Bauart der Kristalle) angenommene Verwendung innermolekularer Bindungen im Kristallgefüge sprechen mancherlei Umstände, so, wie der Genannte betonte, die Verhältnisse des Isomorphismus und der Morphotropie (denen ja das Bestehen von Gruppen wie SO_4, CO_3 oder von Komplexen wie CH_3, NO_2 usw. im amorphen und kristallinen Zustande innewohnt), ferner der Umstand übereinstimmender Rhythmen in der chemischen Formel und in der Kristallgestalt (wie z. B. bei dem chemisch und kristallographisch dreizähligen Al_2O_3) und die korrespondierende Enantiomorphie im flüssigen und kristallinen Material. Nicht minder spricht dafür der Umstand, daß im amorphen Zustande der Dinge gewisse Atomgruppierungen vorkommen, die nach den röntgenogrammetrischen Untersuchungen in Teilen von Punktsystemen ihr Analogon haben; so wird z. B. NaCl elektrolytisch aus Na- und Cl-Ionen und in der Kristallarchitektur aus Na- und Cl-Baugruppen aufgebaut[1]), und $CaCO_3$ ist im Kalkspat und in verdünnter Lösung in Ca- und CO_3-Gruppierung vorhanden. Wie denn auch *A. Werners*[2]) Untersuchungen über die Konstitution und Konstellation amorpher komplexer anorganischer Stoffe ihn zu Strukturbildern führten, die dem Kristallgefüge sehr nahe stehen[1]). Schließlich muß als allgemeiner Grund für die Aufnahme chemisch wichtiger Bindungen aus dem Amorphen ins Kristalline gelten, daß ohne solche entsprechende stereochemische Verknüpfungen die chemische Verwandtschaft amorpher und kristalliner Stoffe nicht verständlich sein würde.

Von höchstem Interesse sind in den in Rede stehenden allgemein wichtigen Fragen die *„flüssigen Kristalle"*. Sie vermitteln nach meinem Dafürhalten zwischen den gewöhnlichen Flüssigkeiten und den wahren Kristallen und sind gerade durch diese Zwischenstellung von ungemein hohem Interesse. Die unermüdlich durchgeführten, erfolgreichen einschlägigen physikalischen Arbeiten *O. Lehmanns* im Verein mit den chemischen Bemühungen insbesondere *Vorländers* haben den Tatsachenbestand in reichstem Maße ausgebreitet. Er hat letzthin durch *W. Voigt* eine ausgezeichnete Sichtung erfahren[3]). Die von ihm als Hauptmoment herausgehobene Auffassung, es liege in den flüssigen Kristallen eine Aggregation von Molekülen vor, die innerhalb gewisser Bezirke aufeinander richtend wirken, stimmt mit

[1]) *J. Stark*, Atomdynamik 1915.
[2]) *A. Werner*, Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie. 3. Aufl. 1913.
[3]) *W. Voigt*, Flüssige Kristalle und anisotrope Flüssigkeiten. Phys. Zeitschr. *17*, 76, 1916.

der Meinung des Verfassers überein. Was äußere Kräfte bei gewöhnlichen Flüssigkeiten zuweilen bewirken, die Parallelisierung von Hauptmolekelachsen (etwa beim Nitrobenzol durch magnetische Wirkung), geschieht bei ihnen durch eigene Kraftlinien, die von Molekel zu Molekel verlaufen. Die Isotropie durch Mittelwerte hört dann auf. Förderlich für solche Annäherungen an den Kristallbau ist, wie schon öfter hervorgehoben wurde, die nach *Vorländer* möglichst langgestreckte Struktur der Moleküle. Solche fadenförmige Art wird es eben ermöglichen, daß sich die Raumeinheiten flüssiger Kristalle auf lange Erstreckung ihrer Molekelgestalt sehr nahe kommen; die Parallelrichtung wird dadurch begünstigt. Die innere Beweglichkeit der Molekel dürfte noch sehr rege sein, so daß also z. B. auch bei parallelen Längsrichtungen korrespondierende Atomtafeln nicht starr und regelmäßig zueinander

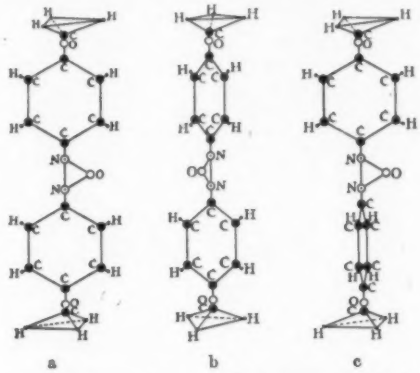

Fig. 12. Schema der Aggregation von Molekeln zu flüssigen Kristallen (Fast-Kristallen).

orientiert sind (wie bei wahren Kristallen), sondern unabhängig voneinander sich in Drehbewegung um die Molekellängsachse befinden können[1]). In Fig. 12 gebe ich ein Sinnbild dafür. In ihm wären die drei dargestellten Molekel in beliebiger Höhe, also aneinander längs verschoben und von anderen Molekülen entsprechend umgeben zu denken. Ein Aggregat solcher längsparallel gerichteter, aber noch gleitend und in ihren Teilen beweglicher Molekeln kommt zwar in der Optik einem einachsigen Kristall nahe, hat aber noch nicht alle Eigenschaften eines wahren Kristalls. Es fehlt ihm die Kombination der Qualitäten, die für den wahren Kristall charakteristisch sind: die dreidimensional periodische und damit geradlinige Anordnung seiner Atome und die Möglichkeit beliebig weiter Fortsetzung seiner geometrischen Periode ohne Änderung der chemischen Zusammensetzung; es geht ihnen also die Raumgitternatur ab.

[1]) Eine Annahme, die vielleicht auf eine Erklärung der sehr starken Zirkularpolarisation flüssiger Kristalle führt.

4.

Übergänge gehören zum allgemeinen Wesen der Materie; ihre Zustandstypen lassen sich scharf unterscheiden und definieren. Die Ausbreitung der Tatsachenfülle und annehmbar erscheinender

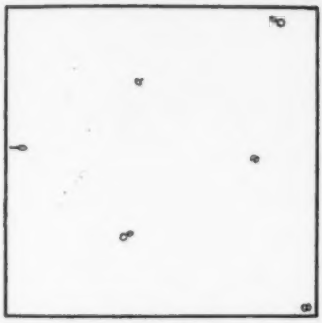

Fig. 13 a.

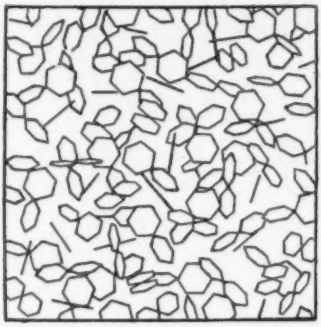

Fig. 13 b.

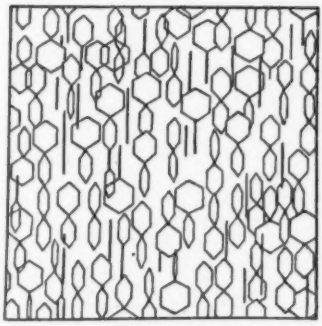

Fig. 13 c.

Fälle zeigt aber, daß Vermittelungsglieder von einem zum anderen leiten. Gase und Flüssigkeiten gehen bei geeigneten äußeren Umständen ineinander über und zwischen den normalen Flüssigkeiten und wahren Kristallen stehen die flüssigen Kristalle, deren Wesen alle Übergänge

nach der einen und anderen Seite möglich erscheinen läßt.

Es handelt sich beim Durchlauf der Ordnungsstufen dieser Serie von Zuständen gewissermaßen um eine Metamorphose der Materie in der Aneinanderreihung Gas — Flüssigkeit — flüssiger Fastkristall — Kristall, eine Metamorphose, die am Stoff vor- und rückläufig und dazu beliebig oft ausgeführt werden kann. Ein Schema solcher Zustandsänderungen möge in Fig. 13a—d dargeboten werden. Es sind in ihr auch im Kristall Fig. 13d chemische Molekeln durch atomverknüpfende Striche umgrenzt; dabei ist jedoch die Raumgitterstruktur gewissermaßen als eine Überprägung des Molekelaggregates hinzuzudenken.

Im übrigen ist wahrscheinlich, daß beim Wachsen eines jeden Kristalls die *Oberflächenschichten* jeweils eine *unvollkommen geordnete Übergangszone* zum streng geordneten Raumgitterbau des

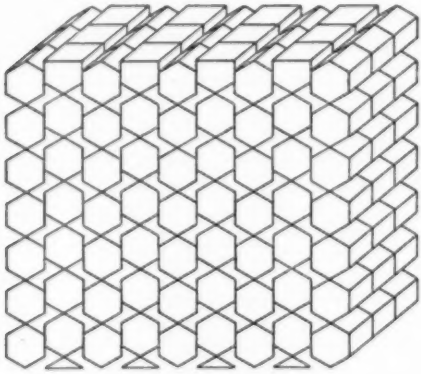

Fig. 13 d.

Fig. 13a—13d. Schema des Zustandes von Gasen, Flüssigkeiten, Fastkristallen und Kristallen.

unter ihr konsolidierten Kristallkörpers vorstellen. Man gelangt zu dieser Annahme in Ansehung des Umstandes, daß ein fundamentaler Raumteil, wie er für verschiedene Stoffe in den Fig. 7 und 8 dargestellt ist, im numerischen Verhältnis seiner Atome der chemischen Formel nicht entspricht. So hätte ersichtlich ein Flußspatwürfelchen der Fig. 7b (mit einer Kantenlänge von $5{,}44 \cdot 10^{-8}$ cm), wenn es für sich existieren könnte, ein Verhältnis von Ca : F wie 14 : 8 statt von 14 : 28 entsprechend der Formel CaF_2. Bei einem Würfel von $5{,}44 \cdot 10^{-7}$ cm wäre dieses Verhältnis 36,51 : 63,49 statt 33,33 : 66,99 und erst allmählich würde beim Wachsen des Kristalls in immer größerer Annäherung das ideale Verhältnis 1 : 2 erreicht. Diese Abhängigkeit der Zusammensetzung von der Größe des Kristalls[1]), die gegen das Gesetz der einfachen multiplen Proportionen sich wenden würde, erscheint unmöglich. Hiernach muß angenommen werden, daß die *Grenzfläche des Kristalls gegen das umgebende Medium in atomistischen Dimensionen den Raumgitterforderungen nicht genügt.* Man wird von außen nach innen fortschreitend von kristallographisch nicht geordneten zu Schichten gelangen, die in kontinuierlichem Übergange die kristalline Raumgitterordnung erreichen. Erst durch diese vermittelnde Oberflächenzone wird der Chemismus des wachsenden Kristalls von dessen Größe unabhängig.

Diese Eigenart der Oberfläche ist zugleich die *Triebfeder für das Wachstum der Kristalle,* die ständig wirkt, da sich ja durch Ablagerung neuer Substanz auf der alten die Oberflächenschicht mit ihrer Besonderheit stets wieder erneuert. Bereits *K. Fajans* und *F. Richter*[1]) sowie *F. Paneth*[2]) haben die Kristalloberfläche, auf der nach *Habers*[3]) und ihren Erörterungen ein Teil der Valenzen gewissermaßen frei in den Raum ragt, mit dem Kristallwachstum in Beziehung gebracht.

So erscheint denn im Überblick des Ganzen eine stetige Reihe der Materie; sie spannt sich von dem gasigen Zustande der Dinge mit seiner Wirrnis der Aggregation voneinander unabhängiger chemischer Teilchen zu den Flüssigkeiten, Fastkristallen und wahren Kristallen als dem in strengster geometrischer Architektur gehaltenen Endgliede.

Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Leipzig, 30. November 1916.

[1]) Die entsprechenden eigenartigen Umstände beim Spalten und Pulverisieren von Kristallen in sehr kleine Teile seien hier nur angedeutet.

[1]) *K. Fajans* und *F. Richter*, Das Verhalten der Radioelemente bei Fällungsreaktionen. II. Ber. chem. Ges. 700, 1915.

[2]) *F. Paneth*, Über Adsorbierung und Fällung der Radioelemente. Phys. Zeitschr. *15*, 924, 1914.

[3]) *F. Haber*, Diskussion. Zeitschrift f. Elektrochemie *20*, 521, 1914.

Die Messung der Plasmaviskosität lebender Pflanzenzellen.

Von Dr. Friedl Weber, Graz.

Die Pflanzen reagieren auf Veränderungen bestimmter Faktoren der Umwelt, so z. B. auf Richtungsänderungen des Lichtes oder der Schwerkraft durch heliotropische bzw. geotropische Krümmungen. Diese makroskopisch sichtbaren *Reizreaktionen* stellen aber naturgemäß keineswegs die primäre Wirkung dieser Reize auf den Organismus dar, vielmehr ist wohl von vornherein die Annahme berechtigt, daß infolge des Reizes im *Protoplasma* der lebenden Zellen *primäre Zustandsänderungen* vor sich gehen, die wenigstens zeitlich als Vorläufer der Reizreaktionen aufzufassen sind. Ein Einblick in diese Zustandsänderungen der lebenden Substanz ist naturgemäß nicht leicht zu gewinnen.

Bedenkt man, daß alle Lebenserscheinungen sich in einem kolloiden System abspielen; daß im

Protoplasma die kolloiden Anteile, wie Eiweißkörper, Fermente, Lipoide usw. die entscheidende Rolle spielen, daß die wichtigsten Reaktionen, die im Plasma vor sich gehen, Kolloidreaktionen darstellen, so liegt es nahe, *zur Erforschung der Zustandsänderungen des Protoplasmas die Methoden der Kolloidchemie anzuwenden.*

Unter diesen Methoden steht die *Viskosimetrie*, die Messung der Zähigkeit oder inneren Reibung der Kolloide an erster Stelle. *Wo. Ostwald* (1913 und 1915) sagt diesbezüglich: „Die Messung der Viskosität ist ein hervorragendes, methodisches Prinzip zur Erforschung der Eigenschaften des kolloiden Zustandes, insbesondere aber für das Studium jener Vorgänge in kolloiden Systemen, die man als Zustandsänderungen zu bezeichnen pflegt.... Es wird ganz allgemein zu Indikatorzwecken diejenige Eigenschaft eines Kolloids am besten passen, welche einerseits möglichst starke Variationen bei schon geringfügigen Änderungen des kolloiden Zustandes zeigt und welche andererseits eine quantitative Messung, tunlichst noch bei nicht allzu komplizierter Methodik erlaubt.... Ferner müssen diese Meßmethoden es gestatten, den Verlauf einer Zustandsänderung an ein und demselben System zu charakterisieren, ohne daß dabei das Kolloid zerstört wird.... Diese Forderungen werden nun in hervorragendstem Maße gerade von der Viskosität als Indikatoreigenschaft erfüllt."

Die Messung der Viskosität in Molekulardispersoiden und kolloiden Lösungen kann relativ leicht auf zweierlei Weise erfolgen. Auf dem Prinzipe der *Auslaufmethode* beruht das Viskosimeter *Wilh. Oswalds* „ein U-förmiges Röhrchen, in welchem die Durchlaufszeit eines konstanten Flüssigkeitsvolumens durch eine Kapillare mit der Stechuhr gemessen wird. Proportional der Durchlaufszeit und der Dichte der Flüssigkeit ergibt sich die sog. relative Viskosität". *(Wo. Ostwald* 1912.) Mit dieser Auslaufmethode brauchen wir uns hier nicht zu beschäftigen, da ihre Anwendung bei den von Zellwänden umschlossenen pflanzlichen Protoplasten nicht möglich ist. — Ein dem anderen Prinzipe, der *Fallmethode*, angepaßtes Viskosimeter läßt sich in folgender einfacher Weise herstellen: Man füllt einen Glaszylinder mit der Lösung, deren Zähigkeit ermittelt werden soll, bringt daran in bestimmtem Abstande zwei Marken an und läßt eine Glaskugel durch die Flüssigkeit von einer Marke zur anderen sinken (bei Wiederholung des Versuches — nach Drehung des Apparates um 180°). Die Zeit, die zum Durchfallen dieser Wegstrecke verbraucht wird, verglichen mit der Zeit, welche die Kugel braucht, um die gleiche Strecke in Wasser zu durchfallen, gibt ein relatives Maß der Viskosität.

Nach dieser Fallmethode kann auch die Viskosität des lebenden Plasmas gemessen werden. *Haberlandt* und *Němec* haben nachgewiesen, daß sich in vielen Pflanzen in den sog. Statolithenzellen bewegliche Stärkekörner vorfinden, die der Schwerkraft folgend stets der unteren Zellwand angelagert erscheinen. *A. Heilbronn* hat nun vor kurzem geeignetes Versuchsmaterial (insbesondere Stengelzellen von *Phaseolus multiflorus* und *Vicia faba)* ausfindig gemacht, bei welchem sich (an mikroskopischen Schnitten) in lebenden Zellen das Sinken dieser Stärkekörner beobachten läßt. Diese Methode *Heilbronns* ist vollkommen der Fallmethode zu vergleichen. Wir erkennen leicht das lebende Viskosimeter: Die Wände der Zelle entsprechen dem Glaszylinder, der Plasmakörper ist die „Flüssigkeit", deren Viskosität gemessen werden soll, und das einzelne Stärkekorn stellt die spezifisch schwerere Glaskugel dar.

Beobachtet wird die Sinkbewegung der Statolithenstärke im horizontal umgelegten Mikroskop. Durch Verwendung eines drehbaren Objekttisches oder durch Befestigung des ganzen Mikroskopes an einer kräftigen Drehscheibe kann der auf einem gewöhnlichen Objektträger in Wasser liegende Pflanzenschnitt am Mikroskoptisch beliebig oft um 180° gedreht und so wiederholt das Sinken (im mikroskopischen Bilde: das Aufsteigen) der Stärke gemessen werden. Man mißt entweder die Fallzeit für den ganzen Weg von der oberen bis zur unteren Zellwand oder besser nur für eine kürzere möglichst in der Mitte der Zelle gelegene Strecke, die durch Teilstriche eines Okularmikrometers begrenzt wird. *Heilbronn* berechnet auf diese Weise die Viskosität des Plasmas in den Stärkescheidezellen von *Vicia faba* mit 23,7 bezogen auf destilliertes Wasser von 18° C.

Auf Grund dieser Methode zur Viskositätsbestimmung des Plasmas lebender Pflanzenzellen konnte man daran gehen, die Gesetze der Viskositäts*änderungen* des lebenden Biokolloidkomplexes unter dem Einfluß äußerer Faktoren zu studieren. *Heilbronn* selbst hat Beobachtungen gemacht über weitgehende Viskositätszunahme, die das Plasma in einen Zustand physikalischer Starre versetzt, und zwar spricht *Heilbronn* dann von *Plasmastarre*, „wenn die Viskosität transitorisch den Grad erreicht hat, der nötig ist, um den Fall beweglicher Stärkekörner zu hemmen". Derartige Plasmastarre tritt ein vor allem als eine Art Wundchokwirkung bei der Anfertigung der mikroskopischen Schnitte; diese Viskositätssteigerung geht aber in den unversehrten Zellen im Verlaufe von etwa 10 Minuten wieder zurück. Eine ebensolche *reversible* Starre des Plasmas wurde von *Heilbronn* erzielt durch 15 Minuten oder länger dauernde Einwirkung von Temperaturen von 40° bis 50° auf Keimlinge von *Avena sativa*. Auch unter dem Einfluß von Narkoticis tritt nach *Heilbronn* Plasmastarre ein und zwar wenn die Schnitte in 10 bis 20 % Ätherwasser gelegt werden, während Ätherwasser geringerer Konzentration die Viskosität herabzusetzen vermag.

Man hat schon lange von „Starrezuständen" der Pflanze gesprochen, wenn unter dem Einfluß

äußerer Faktoren gewisse Lebensvorgänge und insbesondere die Reaktionsfähigkeit auf äußere Reize vorübergehend gehemmt erscheinen. *Heilbronn* hebt nun mit Recht hervor, daß — wenigstens was die Narkose- und Wärmestarre betrifft — seine Untersuchungen den Nachweis erbracht haben: Die genannten Faktoren rufen nicht nur hinsichtlich der makroskopischen Lebenserscheinungen einen Starrezustand hervor, sondern auch eine bisher nicht bekannte physikalische Starre des Plasmas. Von der Perzeptions- und Reaktionsfähigkeit der Pflanze insbesondere auf *geotropische* Reize nimmt *Heilbronn* an, daß sie verloren geht, wenn die Zähigkeit des Protoplasmas den von ihm als „Starre" charakterisierten Grad erreicht. Auch die Beziehungen der Hemmung der Protoplasmaströmung bei Erstickungs-, Wärme-, Kälte-, Narkosestarre zum Viskositätsgrad des Plasmas verdienen eingehendes Studium. (Vergl. *Ewart*, 1903.)

K. Linsbauer hat bereits 1910 darauf hingewiesen, die erste Zustandsänderung infolge der Reizwirkungen könne möglicherweise physikalischer Natur sein und ferner darauf, daß es von großem Interesse wäre, mit Hilfe der Methode *Heilbronns* nach den primären Reizeffekten im lebenden Plasma zu forschen. Auf seine Anregung haben *G.* und *F. Weber* am pflanzenphysiologischen Institute der Universität Graz *die Wirkung der Schwerkraft auf die Plasmaviskosität* eingehend untersucht. Es sollte ermittelt werden, ob auf Lageveränderungen der Zellen hin, also als Reizeffekt der Schwerkraftswirkung eine Veränderung der Plasmaviskosität erfolgt und in welchem Sinne.

Das uns hier interessierende Hauptergebnis dieser Arbeit läßt sich so formulieren: Jede Veränderung einer gewöhnten Lage ruft in den Zellen der Stärkescheide von *Phaseolus multiflorus* eine Reizwirkung hervor, nämlich Abnahme der Viskosität des Plasmas. Dieser Reizeffekt wird geoviskosischer genannt. In der geotropischen Reizlage, z. B. in horizontaler Lage, äußert er sich auf den antagonistischen Flanken in gleichem Sinne, aber ungleich groß. Die Abnahme der Plasmazähigkeit ist unterseits größer als oberseits.

Auf die weiteren Ergebnisse der genannten Arbeit, die für die Analyse des geotropischen Reizvorganges von Interesse sind, soll hier nicht eingegangen werden. Hier interessiert hauptsächlich die Tatsache, daß sich auch für die Biokolloide die Viskositätsmessung als Forschungsmethode bewährt, wenn es sich um die Erforschung von Zustandsänderungen handelt, die derzeit mit keiner anderen Methode im Plasma lebender Zellen nachzuweisen sind. Wie in leblosen Kolloiden, so zeigt auch im Plasma die Viskosität relativ starke Variationen, und zwar bei Änderungen seines Zustandes, die wohl nur geringfügig sein können; diese Variationen lassen sich verhältnismäßig genau und leicht messen, ohne daß das Plasma dabei zerstört, getötet zu werden braucht.

Aus der Physik der Kolloide ist bekannt, welchen enormen Einfluß äußere Faktoren auf die Zähigkeit kolloider Lösungen nehmen. Eine Untersuchung des Temperatureinflusses auf die Plasmaviskosität ist derzeit an dem Grazer Institut im Gange. Aber auch Eingriffe, die, wie man meinen sollte, weniger tief gehen, verändern die Viskosität der Kolloide: so genügt einfaches *Schütteln*, um die Viskosität mancher Emulsoide herabzusetzen; damit stimmt gut überein die Feststellung von *G.* und *F. Weber* (1916), daß durch „Schütteln" mit einem geeigneten Apparate im Zellplasma von *Phaseolus*stengeln ebenfalls Viskositätsänderungen erzielt werden konnten. — Wie die Kolloidchemie lehrt, genügt der *Zeitfaktor* allein, um die Zähigkeit eines Kolloids zu ändern; speziell „verändern typische Emulsoide ihre innere Reibung häufig schon nach Minuten" (*Wo. Ostwald* 1912) und zwar wächst die Viskosität emulsoider Lösungen in der Regel spontan mit der Zeit. Wenn *G.* und *F. Weber* auf Grund ihrer Beobachtung, daß jede Lage zu einer geoviskosischen Ruhelage werden kann, annehmen: „erfolgt eine bestimmte Zeit hindurch keine Lageveränderung (keine Reizung), so strebt das Plasma autonom einem spezifischen für die betreffende Zelle normalen Viskositätsgrad zu", so kann bei dieser autonomen Regulation des Viskositätsgrades die allgemein erkannte „zeitliche Unbeständigkeit" der Viskositätswerte kolloider Lösungen eine Rolle spielen.

Natürlich beeinflussen *Zusätze aller Art*, sowohl von Nichtelektrolyten als auch von Elektrolyten die Viskosität der Kolloide; es sei nur hingewiesen auf die Arbeiten *Wo. Paulis* und seiner Schule über die Kolloidchemie der Eiweißkörper. (Literatur bei *Wo. Ostwald* 1912.) Nach *Pauli* erweist sich beim Eiweiß in vitro die innere Reibung als wesentlich abhängig von Säuren und Basen. „Die durch künstlichen Säure- oder Alkalizusatz zu Eiweißkolloiden erreichbare Ionisation läßt einen bedeutenden Zusammenhang erkennen mit den graduellen Variationen im flüssigen Zustand des Mediums, also mit den verschiedenen Abstufungen der inneren Reibung oder Viskosität." (*Tschermak*, 1916.) Die Möglichkeit, analoge Studien am lebenden Plasma zu machen, eröffnet ein weites Arbeitsgebiet.

Vereinzelte Beobachtungen liegen in dieser Beziehung übrigens bereits vor. So hat *Szücs* (1913) nachgewiesen, daß Aluminiumionen eine *Erstarrung* des Protoplasmas pflanzlicher Zellen bewirken. Auch diese Erstarrung ist gewiß nichts anderes als eine hochgradige Viskositätszunahme. *Szücs* äußert sich über diesen Starrezustand in folgender Weise: „Im erstarrten Protoplasma können die einzelnen Teilchen keine Verschiebungen erleiden.... Die spiraligen Chloroplasten der Alge *Spirogyra* werden durch genügend große Zentrifugalkräfte in der Wirkungs-

richtung der Schwerkraft verlagert. Ist das Protoplasma erstarrt, so bleibt diese Umlagerung aus. Der erstarrte Protoplast leistet einen so großen mechanischen Widerstand gegen den sich umlagernden Chloroplasten, daß letzterer seinen ursprünglichen Ort nicht verlassen kann .... Wirkt dagegen das Aluminiumion längere Zeit auf die Zelle, so tritt eine Wiederauflockerung ein, die Chloroplasten werden beim Zentrifugieren hinausgeschleudert.... Die Aluminiumionwirkung durchläuft also zwei Phasen. Zuerst bewirkt sie die Erstarrung des Protoplasmas, nachher im Überschusse des aufgenommenen Aluminiumions tritt die Wiederauflockerung ein. Analoge Fälle sind in der Kolloidchemie — unter anderen — bei den Schwermetallfällungen des Eiweißes bekannt."

Bedenkt man, daß die anderen Methoden der Kolloidchemie, die zur Erforschung kolloidaler Zustandsänderungen zu Gebote stehen, so die direkte Beobachtung durch das Ultramikroskop, die Ultrafiltration u. s. f., am lebenden Plasma nicht gut oder gar nicht anwendbar sind, so wird man die Methode *Heilbronns* um so freudiger begrüßen. Sie ist und damit die Messung der Plasmaviskosität lebender Zellen derzeit an das Vorhandensein spezifisch schwerer beweglicher Körper in diesen Zellen gebunden. Es müssen dies naturgemäß nicht immer Stärkekörner sein. Nach *Thum* (1904) ist z. B. die Lagerung des oxalsauren Kalkes namentlich in der Form von Kristallsand, wohlausgebildeten, größeren Kristallen und Raphiden, von vielspießigen Drüsen vielfach von der Schwerkraft bedingt und ungemein leicht veränderlich. Liegen derartige oder andere Kristalle im Zellsaftraum, so läßt sich mit der Methode *Heilbronns* auch die Viskosität des Zellsaftes bestimmen, die nach Angaben *Heilbronns* keineswegs gleich der des Wassers ist. Das Studium der *Viskosität des Zellsaftes* würde gewiß auch zu beachtenswerten Ergebnissen führen.

Plasmaviskositätsmessungen in *statolithen* freien Zellen liegen bisher nicht vor; nach folgenden Überlegungen scheinen mir solche aber nicht unausführbar: Durch mehr oder minder starke Zentrifugalkräfte lassen sich bekanntlich verschiedene Zellbestandteile wie Chloroplasten oder Kern aus ihrer normalen Lage in der Zelle bringen, obwohl diese Bestandteile unter dem Einflusse der Erdschwere nicht beweglich sind. Das Herausschleudern gelingt naturgemäß um so leichter, je geringer die Plasmaviskosität ist und wird unmöglich bei der oben erwähnten von *Szücs* beschriebenen „Erstarrung". Jedenfalls müßte sich aus der Größe der zur Verlagerung eines bestimmten Zellinhaltskörpers nötigen Fliehkraft ein Schluß auf die Zähigkeit des Plasmas ziehen lassen, wobei allerdings zu berücksichtigen wäre, inwieweit die Viskosität selbst durch das Zentrifugieren beeinflußt wird.

Noch ein anderer, möglicherweise gangbarer Weg wäre denkbar. Die Brownsche Molekularbewegung, die ja in lebenden Zellen häufig zu beobachten ist, ist abhängig von der Viskosität der Lösung. Ganz allgemein verlangsamt eine größere, innere Reibung diese bekannte Zitterbewegung. Die Weglänge eines Teilchens in der Zeiteinheit ist umgekehrt proportional der inneren Reibung. Da die Weglänge durch verschiedene neue Methoden insbesondere mit Hilfe mikrokinematographischer Aufnahmen relativ exakt gemessen werden kann, so ließen sich wohl auf diese Weise genaue Werte für die innere Reibung des Plasmas ermitteln.

Zusammenfassend können wir der Erwartung Ausdruck geben, der Aufforderung *Grahams* möge auch bei der Erforschung der Biokolloide des lebenden Plasmas Folge geleistet werden: das Viskosimeter — und die pflanzlichen Statolithenzellen sind lebende Viskosimeter — solle Verwendung finden als Kolloidoskop.

Benützte Literatur:

Ewart, A. J., 1903, On the Physics and Physiology of Protoplasmic Streamings in Plants. Oxford.

Grafe, V. und *Linsbauer, K.*, 1910, Zur Kenntnis der Stoffwechseländerungen bei geotropischer Reizung. II. Mitt. S. Ak. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse Bd. *119*.

Heilbronn, A. L., 1912, Über Plasmaströmungen und deren Beziehungen zur Bewegung umlagerungsfähiger Stärke. Ber. deutsch. bot. Ges. Bd. *30*. — 1914, Zustand des Plasmas und Reizbarkeit. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. *54*.

Ostwald, Wo., 1912, Grundriß der Kolloidchemie, III. Aufl. — 1913, Über die Bedeutung der Viskosität für das Studium des kolloidalen Zustandes. Kolloidzeitschrift *XII*. Bd. — 1915, Die Welt der vernachlässigten Dimensionen.

Szücs, J., 1913, Über einige charakteristische Wirkungen des Aluminiumions auf das Protoplasma. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. *52*.

Thum, E., 1904, Über statocystenartige Ausbildung kristallführender Zellen. S. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. *113*, Abt. I.

Tschermak, A. v., 1916, Allgemeine Physiologie *I*. Bd. 1. Teil.

Weber, G., 1914, Änderung der Plasmaviskosität bei geotropischer Reizung. Österr. bot. Zeitschrift.

Weber, G. und *F.*, 1916, Wirkung der Schwerkraft auf die Plasmaviskosität. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. *57*.

Weber, F. und *G.*, 1917, Die Temperaturabhängigkeit der Plasmaviskosität. Ber. deutsch. bot. Ges. Bd. *34*.

Besprechungen.

Titius, Arthur, Naturwissenschaft und Ethik. Festrede im Namen der Georg-August-Universität zur Jahresfeier der Universität am 28. Juni 1916. Göttingen, W. Fr. Kästner, 1916. 29 S. Preis M. 0,40.

Diese akademische Festrede ist geeignet, mancherlei Ausblicke zu eröffnen und Fragen von großer prinzipieller Bedeutung für die unmittelbare Gegenwart anzuregen, wenn auch naturgemäß nur innerhalb der engen Schranken, welche durch das Thema selbst wie durch den Anlaß zu seiner Behandlung gegeben sind. Die Rede geht aus von der Feststellung, daß unsere, nämlich der Deutschen, Kraft, so wie sie sich bisher im Weltkriege gezeigt und bewährt habe, „auf dem Zusammenwirken von Technik und Gesinnung" beruhe — eine

Nebeneinanderstellung, die zunächst seltsam und als bloße Paradoxie anmutet. Diese wird aber sogleich deutlicher, wenn der Verfasser (der Theologe ist) hinzufügt: „Es muß daher verlangt werden, daß in Zukunft die Naturwissenschaften immer mehr ihrer Bedeutung gemäß gepflegt, daß ihre Ergebnisse und ihre Art zu denken, die Dinge zu erfassen, immer allgemeiner in die Bildung unseres gesamten Volkes überführt werden; aber nicht minder erwartet werden, daß die in der gegenwärtigen Feuerprobe bewährten Gesinnungsgemeinschaften in ihrer geschichtlichen Eigenart (zu der auch stete Selbstkritik gehört) erhalten und anerkannt werden." Von dieser Parallelisierung und Koordination aus, deren Berechtigung hier nicht kritisch untersucht werden kann, gelangt der Verfasser dann zur Frage nach der Möglichkeit einer Synthese, d. h. er will prüfen, „wie naturwissenschaftliches Erkennen und religiöse Gesinnung in der *Ethik*, der Gestaltung der menschlichen Willensziele, zu einer Synthese gelangen können". Kantisch gesprochen handelt es sich also hier um die Frage, wie der Gegensatz von Natur und Freiheit in einer höheren Einheit überwunden werden kann.

In eingehenden geschichtlichen Darlegungen zeigt der Verfasser zunächst, daß schon *Kant* und seine unmittelbaren Nachfolger, die Hauptvertreter des deutschen Idealismus, um dieses Problem sich eifrig bemüht hätten, aber eine durchgreifende Lösung nicht erreicht haben und von ihren Grundanschauungen aus nicht erreichen konnten. Am weitesten war *Fichte* von ihr entfernt, der die Natur zu einem bloßen Accidens der Freiheit herabsetzte, am nächsten scheinen ihm *Schleiermacher* und *Schelling* jenem Ziele zu kommen, von denen ersterer es geradezu aussprach, daß im Vollendungszustand in der Idee des Wissens auch Ethik Physik und Physik Ethik werden müsse, und daß nur im Zustande der Unfertigkeit beide Wissenschaften mehr oder weniger auseinander fallen.

Indessen scheinen dem Verfasser alle diese Versuche der Behandlung des Verhältnisses von Ethik und Physik, bei aller Großzügigkeit der Gesamtauffassung, über kühne Ansätze und fesselnde Fragestellungen kaum hinausgekommen zu sein. Erst die großen Fortschritte der exakten Wissenschaften, vor allem der Naturwissenschaften, hätten hier eine Wandlung herbeigeführt. Erst auf diesem Boden erstarkten die Versuche — der Verfasser nennt besonders *Comte* und *Spencer* —, die Ethik von der Physik aus, d. h. von der Naturerkenntnis aus, welche die exakte Forschung zu entwickeln begann, zu konstruieren und das Moralgesetz als normale, von den gleichen Tendenzen beherrschte Fortsetzung des Naturgesetzes, insbesondere der biologischen Gesetze, aufzufassen. Folgerichtig hat man dann auch allmählich versucht, die Erscheinungen des sittlichen Lebens — ebenso wie das Geistige überhaupt — in primitiver Form bis in die Anfänge des Organischen nicht nur, sondern selbst des Anorganischen zurück zu verfolgen, es bis in die Atome zurück zu tragen, und so, wie man von „Zellseelen" und „Atomseelen" zu sprechen begann, auch eine „Zellethik" zu konstruieren versucht. Ein verdienter Forscher wie *Jacques Loeb* hat ausgeführt, daß „unsere Instinkte die Wurzel unserer Ethik bilden", und daß diese „in derselben Weise chemisch und erblich in uns festgelegt sind wie die Formen des Körpers". Danach wäre zu erwarten, daß uns auch eine Ethik der chemischen Elemente und ihrer Verhaltungsweisen noch einmal geschenkt wird.

Daß eine solche Verwischung der Grenzen ganz verschiedenartiger Forschungsgebiete zu schweren Bedenken Anlaß gibt, liegt auf der Hand, und der Verfasser macht die wichtigsten treffend geltend. Der Hauptpunkt ist: gerade das Spezifische der Naturerkenntnis ist dem Spezifischen der Ethik diametral entgegengesetzt und schließt es von sich aus — und ebenso umgekehrt. Solange also Atome und Moleküle das bleiben, als was die Naturwissenschaften sie anzusehen pflegen, solange ist es nicht möglich, auf sie menschliches Werten und Handeln zurückzuführen, denn diese enthalten gerade das Element (Werden, Zwecksetzung usw.) in sich, das jene von sich ausschließen. Umgekehrt ist auch das Spezifische der Ethik, Ideen und Ideale, gerade dasjenige, was die Begriffe und Vorstellungsweisen der exakten Naturerkenntnis von sich ausschließt, es zeigt sich aber auch im ganzen Verlaufe der Entwickelung der Ethik selbst, daß diese da am höchsten steht und den kräftigsten Lebenstypus schafft, wo sie von vornherein das bloß Natürliche von sich ausschließt, in der schroffen Entgegensetzung zur Natur oder der Erhebung über sie (wie in der christlichen Ethik, bei *Kant* und *Fichte)* ihr eigenes Wesen erblickt. Demnach ist das vom idealistischen Monismus (*Schelling, Schleiermacher*) wie vom naturalistischen Monismus gestellte Ziel, daß Physik Ethik werden solle und Ethik Physik, falsch gestellt. Mögen immerhin Geist und Natur nur relative Gegensätze bilden, mögen beide in einem letzten Grunde wurzeln und eine innere Einheit bilden, jener Grund sowohl wie die Art des inneren Zusammengehens beider Gegensätze zur Einheit ist uns unzugänglich. Nur in Bildern und Gleichnissen, sei es naturalistischer oder idealistischer Art, nicht aber in der Sprache nüchterner Wissenschaft läßt sich davon reden. Darum muß das Ziel bescheidener gesteckt werden, nicht eine Identität von Physik und Ethik, nur eine Wechselwirkung beider auf Grund gegenseitiger Bedingtheit darf angestrebt werden. Denn eine Wechselwirkung setzt in gleicher Weise beides voraus, eine ursprünglich zugrunde liegende Einheit wie die reelle Verschiedenheit der wirkenden Potenzen.

Wie die Wechselwirkung von Naturerkenntnis und Ethik nach verschiedenen Richtungen hin bedeutsam und fruchtbar werden kann, zeigt der Verfasser an einer Reihe instruktiver Beispiele. So hat die naturwissenschaftliche Forschung mit immer umfassenderem Tatsachenmaterial zeigen können, wie eng sich Leib und Seele gegenseitig berühren und bedingen — darum ist die alte Tradition der Ethik, über die leiblich-sinnlichen Vorgänge des Menschenlebens fast ganz zu schweigen, aufzugeben. Wenn also selbst *Kant* noch urteilte, daß es falsch sei, das Streben nach Glückseligkeit als Pflicht vorzustellen, weil ohnehin darauf jeder selbst bedacht sei, so muß demgegenüber betont werden, „daß zwar nicht die naive Weise, wie jeder für sich selbst sorgt, wohl aber die auf Einsicht beruhende Sorgfalt für Kraft, Gesundheit und Frische auch des Leibes wie der Seele eine wichtige sittliche Aufgabe wie des Einzelnen so der Gemeinschaft ist. Die unmittelbare Gegenwart lehrt uns sehr eindringlich, von welcher Bedeutung selbst Ernährungsfragen für den gesamten Bestand unseres nationalen Gemeinwesens werden können." Ja, unter dem Gesichtspunkt, daß überhaupt alle Rohstoffe und Kräfte der Erde nicht unerschöpflich sind und darum haushälterischer Verwendung bedürfen, daß die Erde, der Schauplatz menschlichen Wirkens, nur einen bestimmten Energievorrat besitzt, der durch menschliche Kraft nicht erhöht werden kann, muß auch der von *Ostwald* formulierte Imperativ: Vergeude keine Energie, verwerte sie, ganz allgemein als ein Imperativ nicht nur der

Technik oder der Klugheit, sondern der sittlichen Gesinnung des erkennenden Geistes bewertet werden.

Ein anderes wichtiges Beispiel, auf das der Verfasser hinweist, betrifft die Lehre von der Fortpflanzung und Vererbung wie von den Beziehungen der Geschlechter und den ganzen Komplex der sexuellen Probleme. Wie hier die eindringende Naturerkenntnis zahlreiche neue sittliche Imperative hervorgetrieben hat, bedarf keines besonderen Nachweises. Nur wird man auch hier, und hier ganz besonders, worauf der Verfasser mit Recht nachdrücklich hinweist, nicht in Übertreibungen verfallen und der Grenzen von Naturwissenschaft und Ethik sich besonders bewußt bleiben müssen. So kann es nur verderblich wirken, wenn man ohne weiteres jede Erkenntnis leiblicher Vorgänge, welche die Medizin oder eine ihrer Hilfswissenschaften gewonnen hat, in eine sittliche Forderung umwandelt. „Die Aufnahme aller aus der Naturerkenntnis abzuleitenden ethischen Verhaltungsmaßregeln in unseren Sittenkodex müßte zu einer neuen Gesetzesknechtschaft und einem Zustande der Unfreiheit führen, der schlimmer wäre als jeder bisherige. Der Arzt, auch der zur Seelenleitung nicht befähigte, würde damit eine Macht über die Seelen erhalten, der gegenüber die des Beichtvaters sich unbedeutend ausnehmen würde.“ Oder man denke an den unverkennbaren Gegensatz zwischen der humanitären Fürsorge auch für die minder Lebensfähigen, die uns als unbedingte soziale Pflicht erscheint, und der von gewissen Rassentheoretikern behaupteten Degenerationsgefahr eines solchen Verhaltens. Hier muß jene Grenzbestimmung fest im Auge behalten werden, die der Verfasser mit den Worten gibt: „Die Natur ist jenseits von gut und böse; zu des Menschen Würde gehört sein sittliches Verhalten. An diesem Punkte kann es kein Paktieren geben: Gut zu sein ist notwendig; zu leben ist nicht notwendig.“

Man sieht, wie bedeutsam und schwerwiegend die Probleme sind, auf die der Verfasser in seiner akademischen Rede zumeist nur wie im Fluge andeutend hinweist. Eine nahe Zukunft wird ihnen sicherlich ganz besondere Aufmerksamkeit zu widmen haben.

M. Kronenberg, Berlin.

Thormeyer, Paul, Philosophisches Wörterbuch. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1916. (Aus Natur und Geisteswelt. Sammlung wissenschaftlich gemeinverständlicher Darstellungen, 520. Bändchen.) 96 S. Preis M. 1,25.

Ein falsch verstandener sprachlicher Purismus hat neuerdings, wiewohl nur vereinzelt, auch den fremdsprachlichen Ausdrücken in der Philosophie nachstellen zu müssen geglaubt. Aber mehr noch als in jeder Einzelwissenschaft sind gerade in der Philosophie die Termini unentbehrlich, ganz besonders auch in der Metaphysik. Sie haben hier nicht nur die negative Funktion, vor Mißverständnissen des populären Sprachgebrauchs zu schützen, die Sache möglichst eindeutig zu bezeichnen, sondern auch die positive, gewisse Ergebnisse der geschichtlichen Entwicklung kurz zusammenzufassen. Gerade deshalb aber sind gerade in der Philosophie die Termini auch vielfach weit schwieriger kurz zu erklären, im alten Sinne der Schullogik zu „definieren“, als irgendwo anders. Nur bei einem Teile der Termini mag die Worterklärung ausreichend erscheinen, bei vielen und gerade den wichtigsten kann man sie höchstens als Notbehelf gelten lassen.

Diese natürlichen Schwierigkeiten wird man billig berücksichtigen müssen bei dem vorliegenden Versuche *Thormeyers*, im Rahmen der bekannten Teubnerschen Sammlung, teilweise in Anlehnung an ältere und umfassendere Werke, namentlich das von *Eisler*, die wichtigsten philosophischen Termini in einem Wörterbuch von gedrängtester Kürze zusammenzustellen. So würden z. B. Ausdrücke wie Animismus, Dualismus usw. ohne Schwierigkeiten dem Adepten der Philosophie — und als Hilfsmittel zur Einführung in die Philosophie soll nach der Vorrede das vorliegende Bändchen dienen — durch die einfache Definition verdeutlicht werden können; dagegen wird er zunächst mehr verwirrt als aufgeklärt, wenn er z. B. unter „Logos“ erfährt, daß dieser Begriff bei Heraklit die Bedeutung eines Weltgesetzes hat, das nach Maß und Zahl verfährt, bei den Stoikern auch gleichbedeutend mit Schicksal und bei *Philo* und in der christlichen Philosophie der Sohn Gottes ist. — Eine weitere natürliche Schwierigkeit ergibt sich dadurch, daß der philosophische Sonderstandpunkt des Verfassers da und dort sich hervordrängt; so wenn er *Fichte*, *Schelling* und *Hegel* den Vertretern des philosophischen Dogmatismus zurechnet.

Sieht man indessen hiervon ab, so kann das vorliegende Bändchen nur als ein solches bezeichnet werden, das seinem Zwecke vollauf entspricht. Die Sammlung der Termini ist umfassend und so vollständig, als es nur möglich ist, die Erklärungen korrekt, vor allem auch in der gebotenen Kürze sachlich aufklärend; nur vereinzelt trifft man auf sachliche Irrtümer, wie z. B. wenn *Hegels* Phänomenologie als Beschreibung der Entwicklung der philosophischen *Erkenntnis* bezeichnet wird, statt als Beschreibung der Entwicklung des *Geistes*. Das Büchlein kann jedenfalls als sehr praktisches Hilfsmittel beim philosophischen Studium durchaus empfohlen werden.

M. Kronenberg, Berlin.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Das Messen von Strecken und Winkeln auf Karten ohne mathematische Vorkenntnisse.

In der Fachsitzung am 20. November 1916 hielt Dr. *A. Wedemeyer* (Berlin) einen Vortrag mit Demonstrationen über das *Messen von Strecken und Winkeln auf Karten ohne mathematische Vorkenntnisse*. Eine der wichtigsten und häufigsten Aufgaben der Messung auf Landkarten ist die Bestimmung der Entfernung zweier beliebiger Punkte voneinander. Aber nur in seltenen Ausnahmefällen ist es möglich, diese Entfernung direkt mit Hilfe des Zirkels oder eines geraden Maßstabes zu messen. Der Grund hierfür liegt in der Verzerrung, die notwendigerweise eintreten muß, wenn wir eine Karte konstruieren, d. h. wenn wir es unternehmen, ein Bild der Erdoberfläche auf einer *ebenen* Papierfläche zu entwerfen, da ein wirklich verzerrungsfreies, in allen Abmessungen naturgetreues Bild nur auf einer *kugelförmig gewölbten* Fläche darstellbar ist. Auf dem kugelförmigen Erdglobus wird die kürzeste Entfernung zweier Punkte durch den Bogen des durch beide hindurch gehenden größten Kreises gemessen, der seinen Mittelpunkt im Erdzentrum hat. Aber diese größten Kugelkreise erscheinen auf der Karte im allgemeinen nicht als längentreue gerade Linien. So kommt es, daß zuverlässige Entfernungsmessungen auf Karten recht schwierig und nur unter Benutzung besonderer Vorsichtsmaßregeln möglich sind, die in den geographischen Lehrbüchern ausführlich erörtert werden. In den meisten Fällen bleibt nichts übrig, als die größten

Kreise in die jeweils vorliegende Kartenprojektion hineinzukonstruieren oder die Entfernung zu berechnen, was beides zeitraubend ist. Der Vortragende schlägt daher eine Methode vor, die in ebenso geistreicher wie einfacher und praktisch leicht ausführbarer Art die Schwierigkeit dadurch löst, daß man die zu messende Größe durch Verschiebung auf dem Kartenblatt in eine andere Lage bringt, in welcher die Messung mit Leichtigkeit vorgenommen werden kann. Seine Ausführungen gipfelten in der folgenden Anweisung:

In allen zenitalen Kartenentwürfen, außer denen, wo einer der Erdpole Kartenmittelpunkt ist, liegen im Gradnetz bereits alle Großkreise, die in die Kartenebene fallen, zweimal gezeichnet vor, resp. lassen sich zwischen den Meridianen einschalten. Man befestige ein Stück Pauspapier mit einer Nadel im Kartenmittelpunkte, marke darauf die beiden Örter, deren kleinste Entfernung gesucht wird, an und drehe das Pauspapier um den Kartenmittelpunkt, bis die beiden Marken auf denselben Meridian fallen. Der auf dem Meridian abgelesene Breitenunterschied ist dann die gesuchte Entfernung, ausgedrückt in Gradmaß (1° = 111 km). Statt des Pauspapiers verwendet man nach *Georg Wulff* besser einen Dreispitzzirkel, dessen eine Spitze man in die Kartenmitte steckt und dessen andere Spitzen man auf die beiden Örter einstellt, um das so entstandene Dreieck um die Kartenmitte zu drehen, bis die beiden freien Zirkelspitzen auf ein und denselben Meridian fallen.

In den zenitalen Zylinderentwürfen entspricht der Drehung um die Kartenmitte eine Parallelverschiebung, da der Kartenmittelpunkt im Unendlichen liegt. Falls einer der Erdpole der Mittelpunkt der vorliegenden Karte ist, muß man auf dem Pauspapier ein Gradnetz einzeichnen, dessen Mittelpunkt ein Punkt des Äquators ist. Da die Ablesungen am Rande einer zenitalen Karte genauer erfolgen können als in der Kartenmitte, so kann man die beiden Örter auf ihren Breitenparallelen um den gegenseitigen Längenunterschied verschieben, bis sie in die Nähe des Kartenrandes fallen, und dann die Drehung um den Kartenmittelpunkt vornehmen.

Um die Richtung zu ermitteln, in welcher der Ort B von A liegt, verschiebt man auf einem Planiglob in einem zenitalen Kartenentwurfe die beiden Örter auf ihren Breitenparallelen so lange, bis A auf den 90. Meridian (den Randmeridian einer zenitalen Karte) fällt. Dann markt man die beiden verschobenen Örter A' und B' auf dem Pauspapier an und dreht es um die Kartenmitte, bis A' auf den Nordpol fällt. Der Meridianunterschied der beiden Örter A' und B' ist dann das Azimut des Punktes B von A.

Auf nicht zenitalen Karten, z. B. *Lamberts* Kreisnetzen, d. i. *Littrows* winkeltreue Karte, muß man zwei Wanderungen auf den Parallelkreisen machen, um die Entfernung AB abzulesen. Das Azimut B von A wird durch den Schnittwinkel der Geraden AB mit dem Mittelmeridian der Karte gemessen.

Durch die Vorführung zahlreicher Einzelbeispiele gelang es dem Vortragenden, die Zuhörer von der Einfachheit wie von der Zuverlässigkeit seiner Methode zu überzeugen. Zweifellos wird dieselbe nicht nur dazu beitragen, die Messung auf Karten zu erleichtern, sondern auch das Verständnis für die charakteristischen Eigenschaften der verschiedenen Kartenprojektionen zu erhöhen und das Interesse für das Studium der Kartenentwurfslehre zu vertiefen. *O. B.*

Deutsche Meteorologische Gesellschaft.

(Berliner Zweigverein.)

Einige Beziehungen zwischen der Luftdruckverteilung bei Island und dem Wetter in Deutschland.

In der Sitzung am 5. Dezember sprach Herr Dr. *Drewes* über den Einfluß der isländischen Barometerdepressionen auf unser Wetter. Nachdem die Studien von *Hoffmeyer* und *Teisserenc de Bort* (1878 und 1881) gelehrt hatten, daß solche Einflüsse vielfach erkennbar sind, wurden große Hoffnungen auf tägliche Wetterberichte aus Island nach Legung eines Telegraphenkabels gehegt. Seit dem 1. April 1907 gibt die Deutsche Seewarte Wettertelegramme aus Island heraus, aber es fehlte bisher eine Untersuchung über den Erfolg dieser Berichte. Herr *Drewes* hat diese Arbeit aufgenommen und zunächst die Frage verfolgt, wie sich der Witterungsverlauf bei uns gestaltet, wenn ein Tiefdruckgebiet bei Island erscheint und ostwärts weiterzieht.

In den Jahren 1907 bis 1914 kamen 170 für die Untersuchung brauchbare Fälle vor; von ihnen waren mehr als $^1/_3$ (60) dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Erscheinen der Depression ein Barometermaximum im SW von Europa liegt. Herr *Drewes* beschränkte sich in seinem Vortrage auf eine Schilderung dieser als „Haupttypus" bezeichneten Wetterlage und erläuterte sie an Hand von Karten durch zwei charakteristische Beispiele, eines für den Winter, ein anderes für den Sommer. Jedesmal wurden drei Tage, beginnend mit dem Tage, an welchem die isländische Wetterkarte zum ersten Male auf der Morgenwetterkarte erschien, besprochen.

Der Wintertypus zeigt eine Neigung zur Ausbildung von Teildepressionen, besonders in der Gegend von England und auf der östlichen Ostsee, derzufolge am zweiten Tage im Küstengebiet etwas Niederschlag und Erwärmung, in Süddeutschland starke Zunahme von Niederschlag und Temperatur auftreten, während das ostdeutsche Binnenland ganz unbeeinflußt bleibt. Im Nordwesten ist in Abständen von 24 Stunden rhythmischer Wechsel von Teildepressionen und Ausläufern hohen Druckes, der nach *Großmann* ein gutes Prognosenhilfsmittel ist, gut erkennbar. Bei den flachen sommerlichen Depressionen stimmt der Witterungsverlauf in den verschiedenen Teilen Deutschlands ziemlich gut überein. Die Änderungen von Tag zu Tag sind dann stärker ausgesprochen als im Winter, aber der Zug der Teildepressionen ist langsamer und unregelmäßiger, so daß die Verwertung für die Wettervorhersage schwieriger ist.

Für die praktische Witterungskunde ergibt sich aus der Untersuchung der Schluß, daß im Winter wegen der schnelleren Wetteränderungen ein möglichst weit sich erstreckendes, wenn auch weitmaschiges Netz telegraphisch berichtender Stationen erwünscht ist, dagegen im Sommer ein in der Nähe möglichst dichtes, aber weniger weit ausgedehntes Stationsnetz; die Stationsverteilung müßte also im Winter eine andere als im Sommer sein.

Nach dem Vortrage des Herrn *Drewes* berichtete Herr Prof. *Kaßner* über die in den Annalen der Physik (*51*, S. 495, 1916) erschienene Veröffentlichung von *Vegard* und *Krogneß:* Die Höhe des Nordlichts vermittelst parallaktischer Aufnahmen an dem Halldde-Observatorium. *R. Süring, Potsdam.*

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften.

14. Dezember. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Roethe.*

1. Herr *Struve* legte eine Abhandlung des Herrn Dr. *E. Przybyllok* in Potsdam vor: *Über eine Bestimmung der Nutationskonstante aus Beobachtungen des Internationalen Breitendienstes.* Der Verfasser hat das reichhaltige Material, welches die Beobachtungen des Internationalen Breitendienstes seit 1900 geliefert haben, einer neuen Diskussion unterzogen und zeigt in dieser vorläufigen Mitteilung, daß es auch für eine Neubestimmung der Nutationskonstante großen Wert besitzt.

2. Herr *Branca* legte eine Arbeit des Herrn Prof. Dr. *H. Scupin* in Halle a. S. vor: *Die erdgeschichtliche Entwicklung des Zechsteins im Vorlande des Riesengebirges.* Die Arbeit gibt eine feinere Gliederung des niederschlesischen Zechsteins und eine Parallelisierung mit dem thüringisch-sächsischen. Sodann wird das Vorkommen von zahlreichen Dreikantern mit schneidend scharfen Kanten und von Nestern mit Kreuzschichtung im konglomeratischen Unteren und Mittleren Zechstein festgestellt und daraus Festlandsbildung und Steppenklima gefolgert. Schließlich wird ein Gesamtbild der wechselnden Herrschaft des Landes und Meeres im Norden des Riesengebirges zu jener Zeit gegeben.

21. Dezember. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *von Waldeyer-Hartz* i. V.

1. Herr *Rubens* las über *Reflexionsvermögen und Dielektrizitätskonstante einiger amorpher Körper.* Die Arbeit bildet die Fortsetzung einer früheren Untersuchung, welche im Januar 1915 der Akademie vorgelegt wurde. Damals handelte es sich um das Reflexionsvermögen und die Dielektrizitätskonstante von Kristallen und Flüssigkeiten sowie um die Diskussion jener Konstanten vom Standpunkte der Maxwellschen Theorie. Die neuen Versuche an 15 amorphen Substanzen, hauptsächlich Gläsern, liefern das Ergebnis, daß auch für diese Körper das Reflexionsvermögen für langwellige ultrarote Strahlung mit demjenigen Werte nahezu übereinstimmt, welcher sich mit Hilfe der Fresnelschen Formel aus den Dielektrizitätskonstanten für langsam veränderliche Felder berechnen läßt. Anomale Dispersion im Gebiete der Hertzschen Wellen konnte bei keiner der untersuchten Substanzen festgestellt werden.

2. Herr *Fischer* legte eine von ihm in Gemeinschaft mit Herrn *H. Noth* ausgeführte Untersuchung vor: *Teilweise Acylierung der mehrwertigen Alkohole und Zucker: Derivate der Glucose und Fructose.* Durch Benutzung der Acetonverbindungen ist es gelungen, Mono-, Di- und Tetrabenzoylglucose in reinem Zustande zu gewinnen. Sie bilden zusammen mit der schon bekannten Tri- und Pentabenzoylglucose die erste vollständige Reihe von Acylglucosen. Für die synthetische Monobenzoylglucose wird ferner der Nachweis geführt, daß sie in dem von *Griebel* aus Preiselbeeren isolierten amorphen „Vacciniin" enthalten ist. Von den neuen Derivaten der Fructose ist die Monogalloylverbindung hervorzuheben, weil sie im Gegensatz zu den durchweg amorphen Galloylglucosen leicht kristallisiert und noch nicht die Merkmale der Gerbstoffe zeigt.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. S. 61.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.) S. 62.

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen).

Physikalische Zeitschrift; Heft 22, 1916.

Über thermodynamische Maschinen, die unter Mitwirkung der Schwerkraft arbeiten; von *R. Wenger.* In einer gleichnamigen Abhandlung (Phys. Z., H. 15 u. 16, 1916) ist von *V. Bjerknes* der Satz begründet, daß in einer schweren Flüssigkeit Zirkulationen nur zustande kommen können, wenn die Kältequelle höher liegt als die Wärmequelle. Hier wird gezeigt, daß der obige Satz nur ein Spezialfall des folgenden ist: „Die Wärmeaufnahme muß *unter höherem Druck* stattfinden, als die Wärmeabgabe". Infolge der horizontalen Druckdifferenzen in der Atmosphäre ist es möglich, auch dann Arbeit zu gewinnen, wenn Wärme- und Kältequelle in demselben Niveau liegen. Der Nutzeffekt dieser Anordnung ist aber relativ klein.

Die Gesetzmäßigkeiten im Neon- und Argonspektrum; von *K. W. Meißner.* An Hand interferometrischer Wellenlängenmessungen (Ann. d. Phys. *51*, S. 115, 1916) werden die im roten Spektralgebiet bekannten Gesetzmäßigkeiten des Neon- und Argonspektrums geprüft und vervollständigt.

Die reversible magnetische Permeabilität bei hohen Frequenzen; von *W. Kaufmann.* Für die von *R. Gans* definierte reversible Permeabilität $\delta B/\delta H$ ergibt sich Unabhängigkeit ihres Wertes von der Frequenz der dem magnetisierenden Gleichstrom überlagerten Schwingung bis herauf an $N = 16^6$/Sek.

Beugung der Röntgenstrahlen in Metallen. I. Mitteilung; von *K. E. F. Schmidt.* Tritt ein feines Bündel Röntgenstrahlen durch dünne Metallschichten, so zeigt eine parallel zur Schicht in 10—20 mm Abstand gestellte photographische Platte Beugungsbilder, die wesentlich durch das Material und dessen mechanische Vorbehandlung bedingt sind. Von den bei Kristallen erhaltenen Bildern weichen die eben genannten stark ab. Man beobachtet Interferenzflecke unregelmäßig in Verteilung und Schwärzung, Bänder radial von der Mitte ausgehend, beim Cu, Ag, Al, Mg Ringe konzentrisch zur Mitte, die besonders beim Elektrolyt-Cu regelmäßig und schön auftreten. Auch Guß-, Walz-, gehämmertes Cu zeigt Ringe, wenn auch die Art der Schwärzung in den Ringflächen wesentliche Verschiedenheit aufweist. Man darf annehmen, daß die Weiterverfolgung der Erscheinung für wissenschaftliche und technische Fragen Bedeutung gewinnen wird.

Über Röntgenstrahlspektra, die an gekrümmten Kristallflächen erzeugt wurden; von *P. Cermak.* Das Platinspektrum einer Röntgenröhre wird durch Reflexion an den gekrümmten Flächen von Steinsalz, Glimmer, Antimonit und Gips aufgenommen. Die Aufnahmen zeigen Unterschiede in der Struktur der Linien, die darauf zurückgeführt werden, daß die Raumgitter der Kristalle bei der Biegung entweder erhalten oder dauernd deformiert oder vollständig zerstört werden.

Physikalische Zeitschrift; Heft 23, 1916.

Die Anwendung von Wirbelringen zur Bestimmung von Oberflächenspannungen; von *V. Kutter.* Wie bei der Lenardschen Methode der schwingenden Tropfen, werden auch hier Tropfen benutzt, die aber aus mäßiger Höhe in eine zweite Flüssigkeit hineinfallen, und sich dort in Wirbelringe umwandeln, zu deren Sichtbarmachung einfache chemische Reaktionen benutzt werden. Die fallenden Tropfen führen bekanntlich unter dem Einfluß der Oberflächenenergie Schwingungen um die Gleichgewichtsform der Kugel aus, wobei die längste Achse abwechselnd in die horizontale und vertikale Richtung kommt, und je nach der Schwingungsphase, in der die Tropfen auf die zweite Flüssigkeit auftreffen, ist die Einfalltiefe der Wirbelringe größer oder kleiner. Diese hängt also nicht von der absoluten Fallhöhe, sondern von der damit verbundenen Schwingungsphase ab. Gleichen Phasen entsprechen

gleiche Einfalltiefen; bestimmt man daher zu diesen die zugehörigen Fallhöhen und hieraus die Fallzeiten, so kann man die Schwingungsdauer berechnen und hieraus schließlich die Oberflächenspannung bestimmen, ähnlich wie man aus der Schwingungsdauer des Pendels die Schwerkraft bestimmt.

Eine allgemeine Zwillingsreihe der Atomarten; von *A. van den Broek.* Durch Annahme allgemeiner Isotopie und von β-Strahlung (oder verschiedenem Kernelektronengehalt) nach dem zwischen Th X und Th bekannten Verlauf (224; 228) — 228 — (228; 232) überall da, wo (angenäherte) ganze Vierfache an ungeraden, (4 n — 1)-Werte an geraden Ordnungszahlen als Atomgewichte vorkommen (so bei Se — Br; Pd — Ag; Sn — Sb), wurde eine allgemeine Zwillingsreihe der Atomarten statt der Elemente abgeleitet.

Bemerkung zu den Gesetzen von Kossel und Glocker über Absorption und Emission von Röntgenstrahlung; von *W. Schottky.* Es wird durch Vergleich der genannten Gesetze die Beziehung abgeleitet, daß innerhalb eines Erregungsgebietes bei bestimmter Wellenlänge der auffallenden Röntgenstrahlung die „Ausbeute" an charakteristischer Sekundärstrahlung desto kleiner ist, je kürzer die Wellenlänge der auffallenden Strahlung ist. Dieser Befund kann als Stütze der Ansicht dienen, daß die Absorption aus einer Reihe von Einzelprozessen besteht, wobei jedesmal ein Energiequantum $h\nu$ absorbiert wird.

Stoßionisierung der Gase durch Wärmebewegung; von *F. v. Hauer.* In einem abgeschlossenen Gasraume bleibt stets noch eine geringe elektrische Leitfähigkeit bestehen, die der Erzeugung von (der Größenordnung nach) 10 Ionen pro cm^3 und Sek. entspricht. Als Ursachen hierfür kommen in Betracht: Radioaktive Verunreinigungen, durchdringende Strahlung. Spaltung der Atome in Ionen, wie im Metall, und endlich Spaltung durch extrem starke Stöße der Wärmebewegung. Da die Energiemenge, die zur Ionisierung durch Stoß notwendig ist, bekannt ist, läßt sich ohne weitere Annahmen berechnen, bei wie vielen Zusammenstößen ein Molekel die zur Ionisierung notwendige Energie hat, und es wird so gefunden, daß bei Zimmertemperatur keine Ionisierung durch die Wärmebewegung (praktisch) stattfinden kann. Erst bei Temperaturen gegen 2000° könnte eine solche merklich auftreten.

Physikalische Zeitschrift; Heft 24, 1916.

Schallfelder und Schallantennen; von *W. Hahnemann* und *H. Hecht.*

Grundlegung der Kinematik einer physikalischen Welle von elementarer Schwingungsform, II; von *K. Uller.* Es wird in dieser zweiten Arbeit der Nachweis erbracht, daß es in jeder Welle von elementarer Schwingungsform eine wellenkinematische Größe gibt, nämlich das Wellennormalenpaar. Als erste Frucht seiner Auffindung werden die Gleichungen für die umkehrbaren Wellen in inhomogenen Körpern gewonnen, die erstmals sicheren, für das Studium der Licht-, Schall- und Bodenbewegung in Weltkörpern.

Über die Wirkung von Kristalldetektoren; von *B. Thieme.* Auf Grund eingehender Beobachtungen und Studien an verschiedenen Kristallformen werden elektronentheoretische Wege zur Deutung der Gleichrichterscheinungen an Kristalldetektoren gewiesen. Weitere Einflüsse, so die des Kristallwassers, der Feuchtigkeitsschicht, werden behandelt. Wesentlich sind dabei die Fälle, wo sich, wie Verf. zeigt, Elektroden *gleichen* Materiales, z. B. aus Kupfer, einander gegenüberstehen; es werden dabei die Kristallformen der entstandenen Schmelzen ausgewertet.

Ein einfaches Saitenelektroskop; von *C. W. Lutz.* Für viele elektrostatische Messungen genügt ein Instrument mittlerer Empfindlichkeit. Hierzu eignet sich das „Saitenelektroskop", dessen Vorzüge sind: einfache Handhabung, veränderliche Empfindlichkeit, großer Meßbereich, kleine Kapazität, augenblickliche Einstellung, scharfe Ablesung, Unempfindlichkeit gegen Wärmeeinflüsse (Temperaturkompensation und Doppelgehäuse), Quarzisolation, Verwendbarkeit in jeder Stellung (auch horizontal und überkopf), geeignet zum Projizieren und Registrieren.

Gleichheitsphotometer für Röntgenstrahlenhärtemesser; von *H. Seemann.* Es werden 10 Typen von Biprismen beschrieben, die dazu dienen, die fluoreszierenden Vergleichsfelder der Silberblech-Aluminiumkeil-Härtemesser saumlos aneinander angrenzend erscheinen zu lassen. In der Symmetriekante der Biprismen, die entweder von ebenen oder krummen Flächen gebildet, konkav oder konvex sein kann, werden Linien aus dem Innern der Vergleichsfelder nebeneinander gesehen. Die Prismen können mit und ohne Linse, einäugig oder zweiäugig betrachtet werden. Das bewährte Modell mit langem ebenflächigen Konkavbiprisma, das sämtliche Vergleichsfeldpaare gleichzeitig ohne Lupe zu überblicken gestattet, wird näher beschrieben. Das Biprisma liegt dicht auf den Feldern des Leuchtschirmes auf.

Geographische Zeitschrift; Heft 12, Dezember 1916.

Der verkehrsgeographische Wert des Suez- und des Bagdad-Weges; von *Richard Hennig.*

Lage, Entwicklung und Bedeutung von Prag; von *Hans Rudolphi.* Ausgehend von der zentralen Lage Böhmens innerhalb Mitteleuropas, seinem radialen Flußnetze, dem Klima, den geologischen und topographischen Verhältnissen des Landes, gibt der Verfasser ein Bild von den Vorzügen und Nachteilen der ziemlich genau in der Mitte Böhmens liegenden Hauptstadt, wobei Orts- und Verkehrslage besonders berücksichtigt werden. Auf Grund der Geschichte der Stadt wird dann das ehemalige und das heutige Stadtbild näher geschildert und das Verhältnis der Nachbarstädte zur Mutterstadt besprochen. Den Schluß des Aufsatzes bilden die Darstellung der Verteilung und Stärke der Nationalitäten der Einwohner, das Anwachsen der Bevölkerung und ihr Verhältnis zu der der umliegenden Gemeinden, die Gründe für das schnelle Anwachsen von Groß-Prag in den letzten Jahrzehnten und die Ursachen dafür, daß die böhmische Hauptstadt heute für Mitteleuropa längst nicht mehr die Bedeutung hat, die es in früheren Jahrhunderten auszeichnete. Der Verfasser stützt seine Darstellung auf ein eingehendes Studium der einschlägigen geographischen und historischen Literatur, der alten Stadtpläne und auf mehrjährige Beobachtungen an Ort und Stelle. Mehr als 40 Jahre sind vergangen, seit sich ein Geograph wieder mit der Lage von Prag befaßt. Dem Aufsatze sind zwei Abbildungen beigegeben, die den Wyschehrad und die Karlsbrücke mit der Kleinseite und dem Hradchin darstellen.

Deutschlands bergwirtschaftlich-geographische Lage; von *Fritz Frech* (Schluß).

Gehängenischen und Schneeschmelzen; von *B. Brandt.* Die Schneedecke im westrussischen Landrücken ist unter dem Einflusse des schon kontinentalen Klimas größer und dauerhafter als bei uns. Am steilen Nordrande dieses diluvialen Höhenzuges sind daher auch die Wirkungen der Schneeschmelze größer und deutlicher als im norddeutschen Flachlande. Die schnell abtauenden Nordhänge der Täler werden durch die *Erosion* der Schmelzwässer zu Schluchten zerrissen; bei den im Schatten liegenden Südhängen führt das allmählich eindringende Schmelzwasser zu *Erdfließvorgängen.* Die auf diese Weise entstehenden *Nischen* geben vielleicht einen Hinweis, wie ähnliche größere Formen in unseren gletscherfreien Mittelgebirgen während der Eiszeit entstanden sind.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW.

r-
ften

ache
oßer
stel-
gen
opel-
Stel-
zum

irte-
von
res-
um-
er-
der
men
ver-
ben-
ohne
den.
igen
uare
wird
den

6.

des

von
age
alen
opo-
Ver-
der
upt-
be-
der
adt-
bar-
des
und
An-
der
elle
nten
upt-
die
aus-
ung
geo-
lten
Ort
seit
be-
ben.
der

ge;

ndt.
ist
mas
ord-
uch
eut-
nell
die
sen;
das
ieß-
hen
Bere
äh-